

Analisa Koordinasi Proteksi *Feeder* Lakarsantri pada Transformator II 50 MVA GIS Karangpilang

¹Reza Sarwo Widagdo, ²Gatut Budiono, ³Hadi Tasmono

^{1,2,3} Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

^{1*} rezaswidagdo@untag-sby.ac.id, ² gatutbudiono@untag-sby.ac.id, ³ haditasmono@gmail.com

Abstract - In the event of a short circuit interruption it is still very worrying where there are still many problems with protection equipment that does not work properly. In field conditions, the transformer at GIS Karangpilang often fails to disconnect the feeder. Based on this incident, it will be discussed how to coordinate the relay between incoming and Lakarsantri feeders. The calculation results from the working time of the relay feeder are 0.3 seconds with the working time on the incoming part being 0.68 seconds. Based on data from GIS Karangpilang, the working time of the relay in the feeder section was 0.41 seconds and 0.69 seconds in the incoming section with a fault current of 4.5 kA showing good results. In the short circuit simulation results, the manual calculation data and the data obtained from the Karangpilang GIS are not much different, where the working time of the relay feeder is 0.11 seconds faster than the incoming working time, with a time of 0.7 seconds which is in accordance with the relay settings.

Keywords — *Over Current Rele, Protection Coordination, Short Circuit*

Abstrak— Pada terjadinya gangguan hubung singkat masih sangatlah dikhawatirkan dimana masih banyak terdapat permasalahan pada peralatan proteksi yang tidak bekerja dengan

baik. Pada kondisi dilapangan transformator pada GIS Karangpilang sering mengalami kegagalan untuk memutus bagian feeder. Berdasarkan kejadian tersebut akan dibahas bagaimana koordinasi rele antara incoming dengan feeder Lakarsantri. Hasil perhitungan dari waktu kerja rele feeder didapatkan waktu 0.3 detik dengan waktu kerja pada bagian incoming 0,68 detik. Berdasarkan data dari GIS Karangpilang waktu kerja rele di bagian feeder didapatkan waktu 0,41 detik dan 0,69 detik di bagian incoming dengan arus gangguan 4.5 kA menunjukkan hasil yang baik. Pada hasil simulasi short circuit antara data kalkulasi manual dan data yang diperoleh dari GIS Karangpilang tidak jauh berbeda dimana waktu kerja rele feeder 0,11 detik lebih cepat dari pada waktu kerja incoming dengan waktu 0,7 detik yang telah sesuai dengan pengaturan relenya.

Kata Kunci — *Koordinasi Proteksi, Rele Arus Lebih, Short Circuit*

I. Pendahuluan

Gardu Induk adalah subsistem dari sistem transmisi atau bagian integral dari sistem transmisi atau distribusi. Sebagai subsistem jaringan listrik, gardu induk memegang peranan yang sangat penting dan pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari jaringan listrik secara keseluruhan [1].

Gangguan hubung singkat adalah jenis gangguan yang dapat mempengaruhi distribusi energi listrik.

Gangguan hubung singkat biasanya disebabkan oleh kerusakan pada bahan isolasi konduktor. Gangguan hubung singkat secara mekanis dapat merusak sistem atau perangkat elektronik. Jika diamati dari sudut pandang ekonomi gangguan ini dapat menyebabkan berkurangnya atau terhentinya aktivitas produksi dan penjualan [2].

Beberapa studi terkait telah dilakukan untuk melakukan proses evaluasi pada koordinasi proteksi terutama pada jaringan tegangan menengah 20 kV. Pada tahun 2016, Suryaadmaja [3] mengevaluasi koordinasi pengaturan relai proteksi OCR pada jaringan tegangan menengah 20 kV untuk memastikan bahwa koordinasi sistem proteksi jaringan tegangan menengah PT Apac Inti Corpora memenuhi persyaratan standar sistem proteksi. Kemudian, Siswanto [4] juga menjelaskan bahwa salah satu komponen proteksi dari transformator adalah *Current Transformator (CT)* yang berfungsi sebagai peralatan monitoring arus proteksi relai. Ketika terjadi gangguan, relai proteksi mendeteksi ketidaknormalan tersebut dan mengeluarkan sinyal trip ke PMT untuk segera memutuskan rangkaian.

Pada artikel ini akan membahas tentang evaluasi koordinasi pengaturan sistem proteksi pada sisi *feeder* dan sisi *incoming*, serta perlunya untuk melakukan pengujian kelayakan *feeder* Lakarsantri untuk mengetahui penyebab tidak bekerjanya pemutus pada *feeder* Lakarsantri. Karena pada *feeder* Lakarsantri ditemukan adanya gangguan di bagian pemutus tenaga (PMT) pada *feeder* Lakarsantri.

II. Metode Penelitian

A. Metode

Tujuan penelitian ini adalah melakukan evaluasi terhadap karakteristik arus hubung singkat tiap fasa dan fasa ke tanah dari titik gangguan saluran transmisi 150 kV ke sumber gangguan distribusi 20 kV. Dari hasil tersebut menjadi pertimbangan untuk

melakukan pengaturan koordinasi relai proteksi yang digunakan. Penelitian ini meliputi empat proses metode yang digunakan. Pada masing-masing proses dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Pengumpulan data hasil investigasi penyebab gagalnya *breaker* pada sisi *incoming* 20 KV yang terdeteksi dari *feeder* Lakarsantri.
- 2) Data-data yang dikumpulkan yaitu rating transformator, jenis kabel, ukuran kabel, panjang jaringan, data *setting* rele arus lebih di lapangan.
- 3) Melakukan perhitungan impedansi sumber, reaktansi transformator, impedansi *feeder*, settingan dari rele arus lebih dan kalkulasi ulang dari waktu kerja *breaker*.
- 4) Melakukan pembuktian dengan menggunakan simulasi waktu kerja rele di lapangan berdasarkan data yang diberikan GIS Karangpilang yang kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan untuk melakukan analisa kelayakan hasil kinerja dari *breaker*.

III. Hasil dan Pembahasan

Dari observasi lapangan dan pengumpulan data, serta perhitungan analitik yang telah dilakukan, Gardu Induk Karangpilang tentunya membutuhkan data yang nyata, seperti data sumber dan data spesifik tentang transformator yang digunakan dan saluran distribusi 20 kV. Data rasio transformator arus (CT) dan data impedansi pada saluran. Tiga metode analisis dilakukan dalam penelitian ini. Perhitungan manual dilakukan untuk menentukan arus pengaturan rele dan waktu operasi berdasarkan nilai arus gangguan yang ada. Dilakukan simulasi dengan menggunakan data hasil perhitungan manual.

A. Menentukan Nilai Gangguan Hubung Singkat

1) Kalkulasi Impedansi Sumber

Untuk menghitung impedansi sumber maka data yang diperlukan adalah data *short circuit* pada bus primer transformator. Besarnya nilai *short circuit*

di bagian bus primer (150 kV) sebesar 8.87 MVA. Maka, nilai impedansinya dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut [5]:

$$Z_{S(sisi\ 150\ kV)} = \frac{KV^2 (Sisi\ Primer\ trafo)}{MVA_{Sc}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

- Z_S = Impedansi Sumber Sisi Primer (Ohm)
- KV = Tegangan Sisi Primer Transformator (kV)
- MVA_{Sc} = Rating Transformator (MVA)

$$Z_S = \frac{150^2}{8866} = 2,53\ Ohm$$

Kalkulasi nilai impedansi belitan sekunder 20 kV dengan rumusan sebagai berikut:

$$Z_{S(sisi\ 20\ kV)} = \frac{KV^2(sisi\ sekunder)}{KV^2(sisi\ primer)} Z_{S(sisi\ primer)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

- Z_{S(sisi 20 KV)} = Impedansi sumber sisi sekunder (Ohm)
- Z_{S(sisi primer)} = Impedansi sumber sisi primer (Ohm)
- KV_(sisi sekunder) = Tegangan sisi sekunder (kV)
- KV_(sisi primer) = Tegangan sisi primer (kV)

$$Z_{S(sisi\ 20\ kV)} = \frac{20^2}{150^2} \times 2,53 = 0,04\ Ohm$$

2) Kalkulasi Nilai Reaktansi Transformator

Nilai reaktansi total dari transformator 2 pada GIS Karangpilang sebesar 13,5%, sehingga kita dapat menentukan nilai untuk reaktansi transformator baik urutan positif maupun urutan negatif. Untuk mengkalkulasi nilai reaktansi sumber (X_S) digunakan rumusan sebagai berikut [6]:

- Kalkulasi nilai resistansi pada pembebanan 100%:

$$X_{S(sisi\ 20\ kV)} = \frac{KV^2(sisi\ sekunder)}{MVA\ trafo} \dots\dots\dots(3)$$

$$X_{S(sisi\ 20\ kV)} = \frac{20^2}{50} = 8\ Ohm$$

- Reaktansi urutan positif, negatif (X_{t1} = X_{t2})

$$X_{t1} = 13,49\% \times 8 = 1,079\ Ohm$$

- Reaktansi urutan nol (X_{t0})

$$X_{t0} = 10 \times 1,079 = 10,79\ Ohm.$$

3) Kalkulasi Nilai Impedansi Feeder Lakarsantri Panjang saluran *feeder* Lakarsantri menggunakan jenis kabel *MVTIC* 150 mm² = 21,8 km. Impedansi *feeder* dari urutan positif dan urutan negatif dari jarak dapat kita hitung menggunakan persamaan berikut [7]:

$$Z_1 = Z_2$$

$$(MVTIC\ 150) = (0,21 + j0,014)\ \Omega / km \times 21,8\ km = 4,490 + j0,3052\ Ohm$$

Lokasi yang diasumsikan dengan jarak dari 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dari panjang *feeder*.

Tabel 1. Nilai Impedansi Urutan Positif & Negatif

Panjang Saluran (%)	Impedansi <i>Feeder</i> (Z ₁ & Z ₂) (Ohm)
0	0
25	1,122 + j0,076
50	2,245 + j0,152
75	3,367 + j0,228
100	4,490 + j0,30

Setelah dilakukan perhitungan impedansi *feeder* maka didapatkan hasil yaitu semakin jauh jarak gardu distribusi tersebut dengan sumber tenaga listrik maka impedansi totalnya akan semakin besar.

d.

4) Kalkulasi Nilai Impedansi Ekuivalen Saluran

Nilai impedansi ekuivalen yang digunakan pada penelitian ini adalah pada titik 25%, 50%, 75% dan

100% dari panjang saluran tiap-tiap zona untuk mempermudah perhitungan. Karena dari sumber ke titik gangguan impedansi yang terbentuk adalah sambungan seri, maka perhitungan Z_{1eq} dan Z_{2eq} dapat langsung menjumlahkan impedansi tersebut [8].

$$Z_{1eq} = Z_{2eq} = Z_S(sisi\ 20\ kv) + X_T + Z_1(penyulang) \dots (4)$$

Tabel 2. Impedansi Ekuivalen pada Feeder Lakarsantri

Panjang Saluran (%)	Impedansi Ekuivalen (Ohm)
0	$0 + j1,119$
25	$1,122 + j1,195$
50	$2,245 + j1,271$
75	$3,367 + j1,347$
100	$4,490 + j1,424$

Dari hasil keseluruhan kalkulasi yang telah dilakukan didapatkan nilai arus *short circuit* tiga fasa dan dua fasa. Pada Tabel 3 besarnya arus gangguan *short circuit* dipengaruhi oleh lokasi jarak gangguan. Semakin panjang saluran maka semakin kecil nilai dari arus gangguan *short circuit*-nya

Tabel 3. Nilai Arus Gangguan Hubung Singkat

Panjang Saluran (%)	Arus Gangguan	
	3 Fasa (Ampere)	2 Fasa (Ampere)
0	10319	8936
25	7045	6101
50	4475	3875
75	3184	2757
100	2451	2122

B. Pengaturan Arus Over Current Relay (OCR)

Salah satu peralatan yang digunakan pada *feeder* Lakarsantri adalah *current transformer (CT)* dengan rasio 400/5A, dan beban tertinggi sebesar 174 A. Tabel 4 dan Tabel 5 diatas merupakan data perbedaan *setting* dari *Over*

Current Relay (OCR) yang didapatkan dari PLN dan perhitungan secara manual.

Tabel 4. *Setting* Waktu Kerja Rele dari GIS Karangpilang

Nama	Data PLN					
	I	Tms	I	Td	I	Td
<i>Outgoing</i>	400	0,15	2800	0,3	5000	0
<i>Incoming</i> Transformator	1720	0,2	4330	0,7	5800	0,3

Tabel 5. *Setting* Waktu Kerja Rele dengan Hitung Manual

Nama	Data Manual					
	I	Tms	I	Td	I	Td
Lakarsantri	181	0,18	2886	0,3	-	-
<i>Incoming</i> Transformator	1515	0,20	4329	0,69	-	-

Pengaturan waktu kerja rele telah memenuhi kriteria koordinasi, dimana jarak waktu kerja rele dari *feeder* sampai ke *incoming* baik data manual ataupun data PLN terdapat selang waktu kerja rele pada *feeder* Lakarsantri dengan *incoming* Transformator 2 GIS Karangpilang.

C. Perhitungan Waktu Kerja Rele Secara Manual

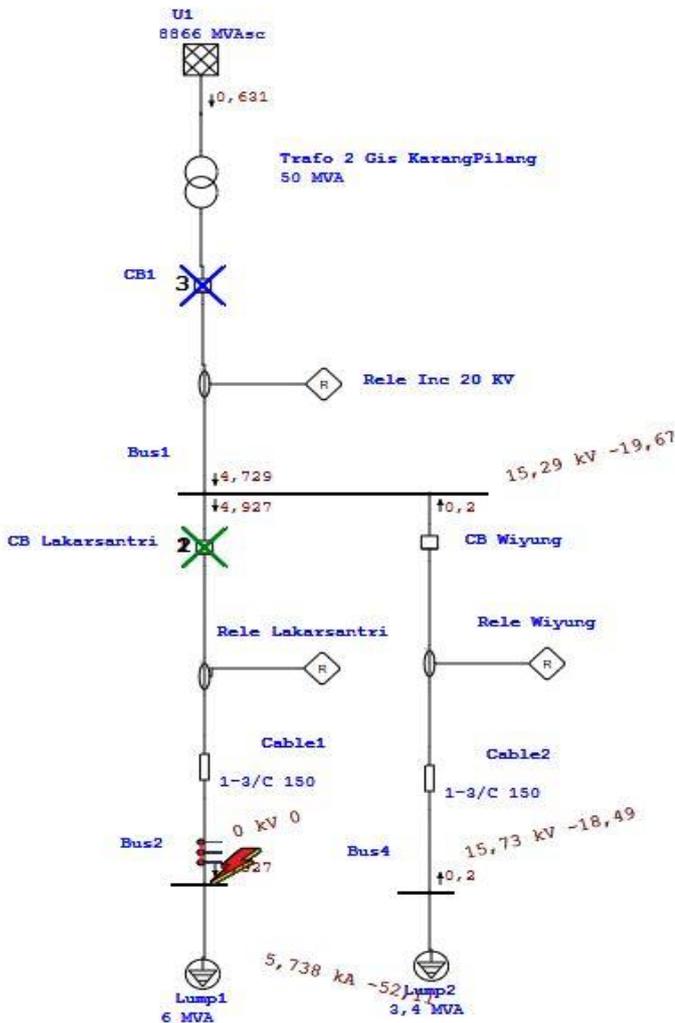
Lokasi yang diteliti pada jarak 50% *feeder* Lakarsantri yang diasumsikan arus gangguannya sebesar 4.5 kA:

Tabel 6. Kalkulasi Waktu Kerja Rele

	<i>Outgoing</i>	<i>Incoming</i>
Data GIS Karangpilang	$t = 0,41$ detik	$t = 0,69$ detik
Kalkulasi Manual	$t = 0,3$ detik	$t = 0,68$ detik

Dari tabel 6 diatas menjelaskan bahwa secara perhitungan manual waktu kerja Rele lebih cepat dari pada pengaturan waktu kerja Rele yang diberikan menurut data PLN.

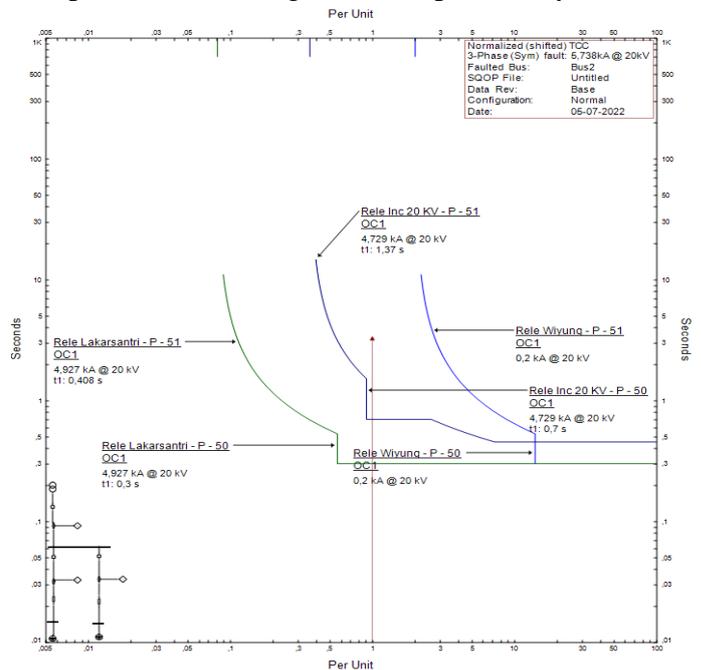
D. Hasil Simulasi Menggunakan ETAP 12.6



Gambar 1. Hasil Simulasi dengan Data dari PLN
1) Feeder Lakarsantri Berdasarkan Data PLN

Setelah dilakukan simulasi *short circuit* pada bus 2 terlihat bahwa rele yang bekerja pertama kali adalah *Over Current Relay* pada penyulang Lakarsantri yang selanjutnya memerintahkan *breaker* untuk trip dengan waktu 0,41 detik. Apabila *Over Current Relay* pada penyulang

Lakarsantri mengalami kegagalan, maka *Over Current Relay* pada Transformator GIS 2 Karangpilang akan bekerja sesuai ke arus gangguan, yang kemudian menginstruksikan pemutus untuk memotong dalam 0,69 detik. Sehingga relai telah beroperasi sesuai dengan daerah proteksinya.



Gambar 2. Kurva TCC Berdasarkan Data PLN

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Untitled

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus2

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 05-07-2022

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
300	Rele Lakars...	4,927	300		Phase - OC1 - 50
320	CB Lakarsa...		20,0		Tripped by Rele Lakarsantri Phase - OC1 - 50
408	Rele Lakars...	4,927	408		Phase - OC1 - 51
428	CB Lakarsa...		20,0		Tripped by Rele Lakarsantri Phase - OC1 - 51
700	Rele Inc 20 ...	4,729	700		Phase - OC1 - 50
720	CB1		20,0		Tripped by Rele Inc 20 KV Phase - OC1 - 50
1370	Rele Inc 20 ...	4,729	1370		Phase - OC1 - 51
1390	CB1		20,0		Tripped by Rele Inc 20 KV Phase - OC1 - 51

Gambar 3. Urutan Waktu Kerja Rele Berdasarkan Data PLN

2) Simulasi Short Circuit pada Feeder Lakarsantri Berdasarkan Perhitungan Manual

-
- [3] F. Oktavian Suryaadmaja, S. Handoko, and B. Winardi, "Evaluasi Koordinasi Setting Relay Proteksi OCR Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV PT. APAC INTI CORPORATA Semarang dengan ETAP 12.6.0"
- [4] A. Siswanto, P. Aprilia, P. Santi, and T. Susanto, "Politeknik Negeri Cilacap Perbaikan Pengkabelan Trafo Arus pada REF (Restricted Earth Fault) dan SBEF (Standby Earth Fault) untuk Meningkatkan Selektivitas Kerja Relay."
- [5] I. D. G. Agung, B. Udiana, I. G. Dyana Arjana, T. Gede, and I. Partha, "Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel," *Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 02, 2017.
- [6] K. M. A. Amrullah, R. Kurniawan, and G. B. Putra, Aplikasi Pemetaan Prediksi Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Saluran 20 KV *Berbasis Website pada Penyulang Apel.*
- [7] M. Irfaq and Z. Zulkarnaini, "Analisa Arus Hubung Singkat untuk Koordinasi Setting Relay Proteksi Incoming dan Outgoing pada Sisi 20 kV di Gardu Induk Solok."
- [8] I. Safitri, dan Agus Adhi Nugroho, P. Studi Teknik Elektro, F. Teknologi Industri, U. Islam Sultan Agung Semarang, and J. Raya Kaligawe Km, "Analisa Koordinasi Setting Proteksi Over Current Relay (OCR) Outgoing 20 kV dan Recloser pada Trafo II 60 MVA Feeder RBG 01 di Gardu Induk 150 kV Rembang"